29. 6. 2004

BEND 15 JUL 2004

PCT

DA 1148152

MILEUNIVED SLAVIES DEAMINICAL

TO ALL TO WHOM THESE: PRESENTS SHAME COME;

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE

United States Patent and Trademark Office

March 29, 2004

THIS IS TO CERTIFY THAT ANNEXED HERETO IS A TRUE COPY FROM THE RECORDS OF THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE OF THOSE PAPERS OF THE BELOW IDENTIFIED PATENT APPLICATION THAT MET THE REQUIREMENTS TO BE GRANTED A FILING DATE UNDER 35 USC 111.

APPLICATION NUMBER: 60/486,543

FILING DATE: July 11, 2003

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

By Authority of the

COMMISSIONER OF PATENTS AND TRADEMARKS

M. K. HAWKINS

Certifying Officer

PATENT	APPLICATION	SERIAL	NO.	

U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE PATENT AND TRADEMARK OFFICE FEE RECORD SHEET

07/16/2003 JADD01 00000013 60486543

01 FC:1005

160.00 OP

PTO-1556 (5/87)

PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT COVER SHEET This is a request for filing a PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT under 37 CFR 1.53(c).

Express Mail La	Del No.		EV004944181U	S	3. 14 1.35(0).	
•		INVENTOR(S				
Given Name (first and middle (ii Hisashi	(anyj) Family Nam	e or Surname		Resider d either State o	nce r Foreign Country)	
Hiroshi	Jun Hiroshi Ashihara Kudo		Wako-shi, . Wako-shi, .	Japan Japan		2
Additional Inventors are be	eing named on the 1 sep	erately number	ed sheets attached t	hereto		Sign
WALKING ASSISTA	TITLE OF THE I	NVENTION (28	0 characters max)			17613
Direct all correspondence to:	CORRES	PONDENCE AL	DDRESS			-
Customer Number OR	007609 Type Customer Number he			Plece Cus Bar Code	tomer Number Label here	7
Firm or Individual Name	Rankin, Hill, Por		LLP			
Address	925 Euclid Aven	ue, Suite 70	0			
Address						
City Country .	Cleveland	State	Ohio	ZIP 44	115-1405	
Courtary	U.S.A.	Telephone	(216) 566-9700	Fay (2	(6) 566-9711	
Specification Number of F Drawing(s) Number of She Application Data Sheet. See METHOD OF PAYMENT OF FILE Applicated by the second s	ets	[x	CD(s), Number Other (specify)	Return P	ostcard	
A check or money order in the Commissioner is here fees or credit any overpay Payment by credit card. F	ally status. See 37 CFR 1.2 senclosed to cover the filingly authorized to charge file ment to Deposit Account Norm PTO-2038 is attached	77. ng fees ing Number:	18-0160		ILING FEE MOUNT (\$) \$160.00	
The invention was made by an ag United States Government. No. Yes, the name of the U.S. Government.				an agency of t	he .	
GNATURE Was	Sym			11/03 ATION NO.	34732	
PED or PRINTED NAME David		·	(if appropri	ate)		
EPHONE _(216) 566-9700 Docket Number: SAT-14916					16	

USE ONLY FOR FILING A PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT

This collection of information is required by 37 CFR 1.51. The information is used by the public to file (and by the PTO to process) a complete, including gathering, preparing, and submitting the complete provisional application to the PTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, Washington, D.C. Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231.

ter commente properties en eller en

PROVISIONAL APPLICATION COVER SHEET Additional Page

PTO/SB/16 (02-01)

Approved for use through 10/31/2002. OMB 0651-0032

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

		Docket Nu	ımber	SAT-14916	Type a plus sign (+) + inside this box>		
INVENTOR(S)/APPLICANT(S)							
Given Name (first and middle [if any]) Family or Sun			Residence (City and either State or Foreign Country)				
Masakazu Yosuke Tatsuya	Kawal Endo Noda		Wa	iko-shi, Japan iko-shi, Japan iko-shi, Japan			
·			ı,		:		
·				•			

Number 1 _ of _1 .

WARNING: Information on this form may become public. Credit card information should not be included on this form. Provide credit card information and authorization on PTO-2038.

07/11/03

PTO/SB/17 (01-03)
Approved for use through 04/30/2003. OMB 0651-0032
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Stwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unions it displays a velid OMB control company.

3 FFF	TDANG	RAITT A		anotomo.	IO A COI	ocentom.			if Known		ontrol number.
Lo LEE	TRANS	MILIA	ᆸ	Appl	cation	Numb		N/A			
for FY 2003				Filing Date Herew			Herewi	ith			
Effective 01/01/2003. Patent fees are subject to annual revision.			I	First Named Inventor Hisash							
				Examiner Name N/A							
	s small entity status.	See 37 CFR 1.27		Art Unit N/A							
TOTAL AMOUNT	OF PAYMENT	(\$) 160.00	ľ	Attor	ney Do	cket N		SAT-14	1916		
METHOD O	F PAYMENT (check	ell that apply)				_	_		TION (co	ntinued)	
Check Cre	dil card Money	Other None	3. A	DDIT	ONAL		_		(00.		
Deposit Account	Order L				Small			•			
Deposit	18-0160	·	Fee Code	Fee (\$)	Fee Code	Fee		Fee	Descriptio	n	
Account Number	10-0100		1051	130	2051	• •	Surcha	arge - late	e filing fee or	oath	Fee Paid
Deposit Rani	kin, Hill, Porter & (Clark LLP	1052	50	2052		Surcha	arge - late	provisional		
Name Line Commissioner Is	authorized to: (check a	I that apply)	1053	130	1053	130	Non-E		ecification		
Charge fee(s) indic	sted below Cred	lit any overpayments	1812	2,520	1812 2					rte reexamination	
Charge any addition	nal fee(s) during the pend	ency of this application	1804	9201	1804		Reque		lication of St		
Charge fee(s) indicate to the above-identified	ated below, except for the	e filing fee	1805	1,840*	1805	1,840°	Reque		lication of Si	IR after	
	EE CALCULATION		1251	110	2251	55			n Bply within fir	at month	
1. BASIC FILING			1252	410	2252	205			eply within se		
Large Entity Small Er	tity		1253	930	2253	465			eply within th		
Code (\$) Code (Fee Paid	1254	1,450	2254	725			eply within fo		
	75 Utility filing fee		1255	1,970	2255	985			eply within lif		
	65 Design filing fea		1401	320	2401	160	Notice	of Appe	al		
	60 Plant filing fee		1402	320	2402				support of a	n appeal	
	75 Reissue filing fe 80 Provisional filing		1403 1451	280 1,510	2403			at for ora	-		
	SUBTOTAL (1)		1452	1,510	1451 2452				ute a public : re - unavoida	use proceeding	
0 EVED 4 01 4114		(\$) 160		1,300	2453				re - unavoida re - unintentid		
2. EXTRA ÇLAIM	FEES FOR UTILIT	Y AND REISSUE		1,300	2501				(or reissue)	onai	
Total Claims	ղ Ext <u>ra Claim</u> s _	below Fee Paid	1502	470	2502			n issue fe			
Independent Claims	-20" = X		1503	630	2503	315	Plant	issue fee		1	
Multiple Dependent	, · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		1460	130	1460	130			Commission	· ·	
Large Entity Small	Entity		1807	50	1807				under 37 CF]
Fee Fee Fee Code (\$) Code	Fee Fee Descrip	tion	1808	180	1808					lisclosure Simt	
1202 18 220		ss of 20	8021	40	8021	40	proper	ing each ty (times	patent assig number of p	roperties)	
1201 84 . 220	1 42 Independent da	ilms in excess of 3	1809	750	2809	375	Filing (a submis: R 1.129(sion after fina	al rejection	•
		lent claim, if not paid	1810	750	2810	375	For ea	ch additio	onal invention	n to be	
1204 84 220	4 42 ** Reissue Inde over original _I	pendent cialms patent	1801	750	2801	375	Regu	est for Co	FR 1.129(b)) mination (RCE)	
1205 18 220	5 9 ** Reissue clair	ns in excess of 20	1802	900	1802	900	Requ	est for ex	coedited exar	mination	
and over original patent			Other	fee (sp	oci64		of a d	esign app	olication		
					Basic F	iling Fe	e Paid		LIDTOTAL	(2) (6) 0	
SUBMITTED BY	, and a second of the		==,					3	UBTOTAL		
Name (Print/Type)	David E. Spag	100	R	egistrat	ion No.	Ton			(Complete (
Signature Start Anna				(Attomey/Agent) 34732 Telephone (216) 566-9700							
8-101010	- Jung	- RAMA							Date	July 11, 2003	

WARNING: Information on this form may become public. Credit card information should not be included on this form. Provide credit card information and authorization on PTO-2038.

This collection of information is required by 37 CFR 1.17 and 1.27. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 12 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, Washington, DC 20231. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO:

Application Data Sheet Application Information

Application Type:: Provisional

Subject Matter:: Utility

Suggested classification::

Suggested Group Art Unit::

CD-ROM or CD-R?:: None

Number of CD disks:: 0

Number of copies of CDs:: 0

Sequence submission?:: No Computer Readable Form No

(CRF)?::

Number of copies of CRF:: 0

Title :: WALKING ASSISTANCE SUIT

Attorney Docket Number:: SAT-14916

Request for Early Publication?:: No

Request for Non-Publication?:: No

Suggested Drawing Figure:: N/A

Total Drawing Sheets:: 0

Small Entity?:: No

Latin name::

Variety denomination name::

Petition included?:: No

Petition Type::

Licensed US Govt. Agency::

Contract or Grant Numbers::

Secrecy Order in Parent

Appl.?::

No

Applicant Information

Applicant Authority Type: Inventor Primary Citizenship Country:: Japan

Status:: **Full Capacity**

Given Name:: Hisashi

Middle Name::

Family Name:: Kato

Name Suffix::

City of Residence:: Wako-shi

State or Province of Residence::

Country of Residence:: Japan

Street of mailing address:: c/o K.K. HONDA GIJYUTSU KENKYUSHO

4-1, Chuo 1-chome

City of mailing address:: Wako-shi

State or Province of mailing address:: Saitama-ken

Country of mailing address:: Japan

Postal or Zip Code of mailing address::

Applicant Authority Type:: Inventor **Primary Citizenship Country::** Japan

Status::

Full Capacity

Given Name:: Jun

Middle Name::

Family Name:: Ashihara

Name Suffix::

City of Residence:: Wako-shi

State or Province of Residence::

Country of Residence:: Japan

Street of mailing address:: c/o K.K. HONDA GIJYUTSU KENKYUSHO

4-1, Chuo 1-chome City of mailing address:: Wako-shi

State or Province of mailing address:: Saitama-ken Country of mailing address:: Japan

Postal or Zip Code of mailing address::

Applicant Authority Type:: Inventor
Primary Citizenship Country:: Japan

Status:: Full Capacity

Given Name:: Hiroshi

Middle Name::

Family Name:: Kudo

Name Suffix::

City of Residence:: Wako-shi

State or Province of Residence::

Country of Residence:: Japan

Street of mailing address:: c/o K.K. HONDA GIJYUTSU KENKYUSHO

4-1, Chuo 1-chome

City of mailing address:: Wako-shi

State or Province of mailing address:: Saitama-ken

Country of mailing address:: Japan

Postal or Zip Code of mailing address::

Applicant Authority Type:: Inventor
Primary Citizenship Country:: Japan

Status:: Full Capacity

Given Name:: Masakazu

Middle Name::

Family Name:: Kawai

Name Suffix::

City of Residence:: Wako-shi

State or Province of Residence::

Country of Residence:: Japan

Street of mailing address:: c/o K.K. HONDA GIJYUTSU KENKYUSHO

4-1, Chuo 1-chome

City of mailing address:: Wako-shi

State or Province of mailing address: Saitama-ken

Country of mailing address::

Japan

Postal or Zip Code of mailing address::

Applicant Authority Type::

Inventor

Primary Citizenship Country::

Japan

Status::

Full Capacity

Given Name::

Yosuke

Middle Name::

Family Name::

Endo

Name Suffix::

City of Residence::

Wako-shi

State or Province of Residence::

Country of Residence::

Japan

Street of mailing address::

c/o K.K. HONDA GIJYUTSU KENKYUSHO

4-1, Chuo 1-chome

City of mailing address::

Wako-shi

State or Province of mailing address::

Saitama-ken

Country of mailing address::

Japan

Postal or Zip Code of mailing address::

Applicant Authority Type::.

Inventor

Primary Citizenship Country::

Japan

Status::

Full Capacity

Given Name::

Tatsuya

Middle Name::

Family Name::

Noda

Name Suffix::

City of Residence::

Wako-shi

State or Province of Residence::

Country of Residence::

Japan

Street of mailing address::

c/o K.K. HONDA GIJYUTSU KENKYUSHO

4-1, Chuo 1-chome

City of mailing address::

Wako-shi

State or Province of mailing address::

Saitama-ken

Country of mailing address::

Japan

Postal or Zip Code of mailing address::

Correspondence li	nformation
-------------------	------------

Correspondence Customer Number ::				007609					
Phone number::			216	-566-9700					
Fax Number:			216-566-9711						
E-Mail address::			spaw@rankinhill.com						
Representative	e Informa	ation							
Representative Custon Number::	omer	00760	9						
Domestic Prior	rity Infori	mation							
Application::	Continuity 7	Гуре::	Pare	ent Application::	Parent Filing Date::				
	•								
Foreign Priority	/ Informa	ation		•					
Country::	Application	number::	Fili	ng Date::	Priority Claimed::				
		····	├—						
	L		<u> </u>						

Assignee Information

Assignee name:: HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI

KAISHA 1-1, Minami-Aoyama 2-chome Street of mailing address::

Minato-ku Tokyo

City of mailing address::

State or Province of mailing address::

Country of mailing address:: Japan

Postal or Zip Code of mailing address::

546 歩行機能補助裝置の研究(第二報)

The concept of a walking assistance suit (Vol.2)

〇 正 加藤 久 (本田技術研究所) 芦原 淳 (本田技術研究所)

工藤 浩 (本田技術研究所) 河合 雅和 (本田技術研究所)

遠藤 洋介 (本田技術研究所) 野田 遠哉 (本田技術研究所)

Hisashi KATO, HONDA R&D CO., LTD. Wako research center
4630 Shimotakanezawa ,Haga-machi ,Haga-gun ,Tochigi ,321-3393

Jun ASHIHARA ,Hiroshi KUDO,Masakazu KAWAI ,Yosuke ENDO,Tatsuya NODA
HONDA R&D CO., LTD. Wako research center
1-4-1 Chuo Wako-shi Saitama 351-0193

This is a further study of research on the basic theory of walking assist, the estimation of ground reaction force and the structure of exoskeleton-type powered suit for the walking assist reported in D&D2001. In order to examine the theory of walking assist developed a new powered suit with multiple degrees of freedom in the structure and low-profile compact actuators with the aim of bet fitting the human joint axis. In tandem with the increase of the degree of freedom in the powered suit we extended the computatio body model from 2 dimensions into 3 dimensions and the accuracy in the estimation of the ground reaction force has increas accordingly. In addition to that we will report a quantitative method to evaluate the effect of the assist.

Key Word: walking assistance suit

A1. はじめに

自立歩行ロボットの応用研究として人間との協調性、親和性に重点を置いた「人にやさしいヒューマンフィッティング・ロボット」の研究報告を D&D2001 において行った。本稿では続報として実用的なアシスト研究を行う為の実験機の概要と評価手法についての報告を行う。

A 2. 軽量・小型装具の研究

歩行機能補助装置(以下、アシスト・ロボットと記す)の実験用装具の基本的な考え方として多様な歩行運動に追従できる柔軟機構と、効率良くアシストトルクを与える伝達機構、軽量・小型アクチュエータの研究を目標とした。図 A1 に実験用装具を示す。

- 多自由度機構装具 外骨格装具の課題である関節軸と装具軸のオフセットを吸収する軸受け機構を設置した。
- 2) 薄型軽量アクチュエータ 人間に装着することを考慮し薄型・軽量・安全性を 重点課題とし偏平プラシレス多極モータと多段遊星 減速機、クラッチ機構を有した専用設計を行った。

A3. アシスト制御

アシスト・ロボットの制御演算は身体制御モデルに関節角等の運動情報から床反力を推定し逆動力学演算によって各関節モーメントを算出、装着者の廃用性筋萎縮を最小限に抑制するため、基本運動モードを超える運動エネルギのみをアシストしている。(1) アシスト・ロボット装着者に違和感なく効果的なトルクを与えるため、多自由度機構装具に対応した制御モデルの変更と演算精度向上を行った。

1) 床反力作用点推定

固定しことが演算誤差を大きくする原因となっていた。(1) 対策として制御モデルに第五中足指節関節を追加し身身体重心との関係式を設けた。

ンクモデルを用いた。各リンク間の自由度は、腰部 一股関節を3軸、下肢を水平軸回りの2軸とした。

2) 三次元ハイブリッド制御モデル 多自由度機構装具化に伴い三次元制御モデルの採用を検討した。解剖学的関節可動域と運動特性から、 開部、腹部、腰部、大腿部、下腿部からなる剛体リ

A4. アシスト効果の定量的検証手法

人間に対するアシスト効果を検証する手法として装着者の主観評価に加え定量的評価手法の導入を検討した。呼吸代謝測定による全身の運動消費エネルギと筋電位計測による運動作用筋の発起力比較により効果検証を行った。



1. はじめに

D&D2001 において自立歩行ロボットの応用研究として 人間との協調性、叙和性に重点を置いた「人にやさしいヒ ューマンフィッティング・ロボット」の研究報告として研 究のコンセプト、アシストの基本的な考え方と制御理論、 プロトタイプによる基礎実験結果の報告を行った。本稿で は統領として実用的なアシスト研究を行う為の実験機の概 要と制御演算精度向上を図るための制御モデル、アシスト 効果の定量的検証手法についての報告を行う。

2. 軽量・小型装具の研究

2・1 多自由度機構裝具

人間に装着する外骨格型アシスト・ロボットを設計す る場合の重点項目として人間の関節運動に追従できる軸受 け機構と軽量・小型化である。一般的に治療用裝具は可動 に制限をつけることによって治療効果を上げているが、ア シスト・ロボットを必要とする虚弱健常者に対しては歩容 の変化や各関節に与える負荷を考慮し最小限の制限に留め る必要がある。また効率的にアシストトルクを与える伝達 機構を有する装具とアクチュエータは必須である。アクチ ュエータはアシスト研究を行う上で制御の容易性から関節 軸上に薄型・軽量のサーボ・モータを配置して行った。

2・1・1 筋肉配置を模倣した拘束条件

アシストが必要とされる負荷運動は主に大腿部は大腿四 顕筋とハムストリング、下腿部は前頚骨筋と腓腹筋の拮抗 運動において行われる。これらの筋肉は各関節に始・終点 を配置している。人間の解剖学的構造を模倣することで下 肢負荷運動に対して効果的なトルク伝達を目指すこととし た。股関節部の支持は臍下丹田部を起点に上前腸骨棘から 腸骨稜を通るテンションベルトと後背面のサポートパッド において拘束固定とした。膝関節の支持は靭帯・腱が集中 する腓骨頭付近。足関節の支持は重量負荷回避を兼ねた踵 骨付近固定構造とした。図1に解剖学的な拘束点と作用筋、 実験用装具の拘束点とトルク方向を示す。

2・1・2 関節機構と軸受機機

関節の可動特性は部位により特徴が見られる。股関節は 臼状関節の三軸、膝関節は蝶番関節の一軸、足関節は蝶番 関節と顆状関節からなる複合三軸にて形成されている。図 2 は矢状面における股関節、膝関節の屈曲運動時の大腿骨 長と股関節との接点軌跡を表した図である。膝関節は大腿 骨内外側上顆の顆状形状により屈曲によって軸長差 Lk が 生じる。図3は前額面における股関節の内外転運勁時の股 関節と外骨格装具の軸長変化を表した図である。立位にて 人間の股関節軸上に固定された装具股関節軸 AcO は体表 面上にあることから外転によって軸長差 Lh-con の収縮、 .また内転により軸長差 Lh-exp の伸張が発生する。さらに 足関節は前述の様に複合三軸であることからその可動は複 雑であり本稿では省くが、これらの各関節可勁特性を満た す実験用装具として以下の構造を製作した。

2・1・3 英験用装具の可動特性

図 タダにアシスト・ロボットの可動特性を示す。股・膝 関節軸上のアクチュエータ間に軸長変化を吸収するスライ ドレールを設けた。伸縮幅は実測値から 100㎜ を設定した。 また、股関節の内外転・内外旋を吸収する構造としてラン

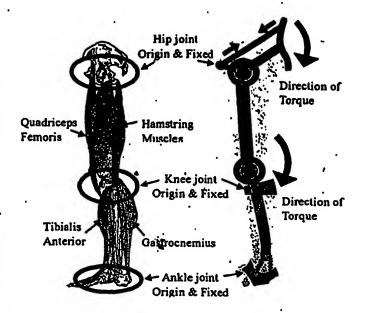


Fig. 1 Anatomical muscle origin and operation of muscle. Fixed point and direction of torque in assistance robot.

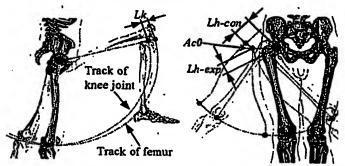
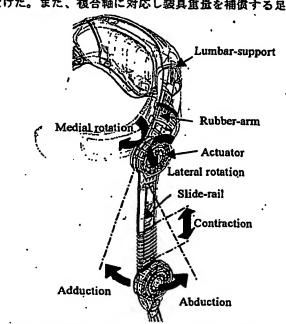


Fig.2 Flexion track of knee joint and femur

Fig.3 Abduction and adduc Track of hip joint

を設けた。また、複合軸に対応し装具重量を補償する足関



in A Moughle characteristic of assistance robot

節機構として図5に示す構造を設けた。 膝関節アクチュエータに接続されたレッグ・サポート端部にスパイラル・ポーンと呼ばれる複合巻偏平コイルを外果に跨ぐ様に設置し変位安定性を保つ構造とした。 図5に外転一底屈および背屈状態のスパイラル・ポーンの状態を示す。

2・1・4 関節角度軌跡比較

装具の自由度を検証する方法として図 6 は定常歩行時の股・膝関節屈伸角度を三次元動作解析装置において測定比較したものである。縦軸に膝関節、横軸に股関節、正数を屈曲、负数に伸展の角度を示す。緑線は人間の自然歩行、赤線は下肢対麻痺患者治療所装具にアクチュエータを設置した旧型寒験用装具の関節軌道を示す。旧型寒解の場合した旧型寒時の自然歩行に比べ屈師をも広く軌跡も円滑ではない。これは体幹、大腿、下腿部をコルセットによって固定し、前述の関節軸間の変化を許容るの大きによって固定が多変化として現れたことが解る。一方、多自由度装具は自然歩行と同様の軌跡を示すことが解った。

2・2 薄型軽量アクチュエータ

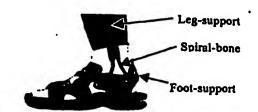
アクチュエータは関節軸上側面部に配置させた。 装着 者の歩行時に障害とならいようにするため、薄型・軽量 化は必須である。 市販製品では以上の要件を満たすこと が出来ないことから偏平プラシレス多極モータ、多段遊 量減速機、クラッチ機構で構成される薄型アクチュエー タの専用設計を行った。 表1にアクチュエータの仕様階 元値を示す。

2・2・1 偏平ブラシレス多極モータ

出力性能と薄型化を両立するモータの基本仕様を決定するうえで以下の検討を行った。

- 1) 占積率の向上
- 2) 巻線高さの減少
- 3) 多スロット化によりトルクリップルの低減
- 4) モータ回転時の磁気騒音低減
- 5) バスパーによる結線
- 6) IPM(Interior Permanent Magnet)方式ロータの採用
- 7) ロータ漏れ磁東によるホール IC センシング
- 8) ホール IC による駆動及び角度検出 (光学式ロータリエンコーダ廃止)

図 7 にアクチュエータ外観図を示す。固定子は薄型化 とトルクリップル (コギングトルク) を低波させるため 10 極 12 固定子を二分割し 20 極 24 固定子とした。更に占積 率を上げる手法として分割組立て固定子を採用しリング 状ハウジングに圧入固定した。バスパーは組立て性を考 慮し銅板接着した2積層基板を製作し、パスパー基板内 側にロータ位置検出用のホール IC センサ基板を配置しロ ータ漏れ磁束によるセンシング方式の採用を行った。ロ -タは IPM 方式を採用しておりネオジウム製永久磁石の 配置・形状は有限要素法による電磁界解析ソフトウェア を使用し最適設計を行った。また、前述のホール IC を 6 箇所に設置じ、CW、CCW 毎に検出し双方向回転検出精度 を上げたほか、120 パルス/回転を利用し多段遊星減速機 の減速比 1/50 を乗算することで出力軸 6000 パルス/回 転の検出が可能となったことから光学式ロータリエンコ -ダの廃止を行うことが出来た。



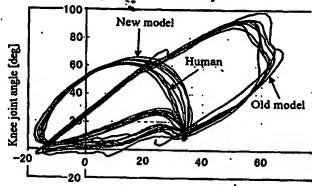




Eversion and Plantarflexion

Dorsiflexion

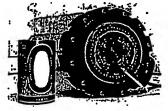
Fig.5 Structure of ankle joint



Hip joint angle [deg]
Fig.6 Track of Hip and Knee joint angle

Table 1 Specification of actuator

Size of actuator (D/H)	φ96 / 27			
Weight of actuator (g)	610			
Max. power of actuator (W)	160			
Max. torque of actuator (Nm)	30			
Type of reduction	Planetary 3 stage			
Reduction ratio	1:50			
Type of clutch	Engage			
Motor type	Brushless with Sensor			
Rotor type	Inner rotor			
Rotor geometry	· IPM			
Supply voltage (V)	24			
Poles	20			
Slots	24			
Type of coil connection	Busbar			
Sensor of Pole position	Hall IC			





2・2・2 多段遊量減速機

2・2・3 クラッチ機構

アシスト・ロボットを装着および脱着する場合、装置 の位置合わせや収納の際にアクチュエータを出力軸より 逆入力によって動かそうする場合が生ずる。この時歯車 のフリクション及びモータのコギングトルクが大きな負 荷となり、大きな力が必要となる。ここで、出力軸と歯 車を切離すことにより負荷が低減され、装具装着が容易 に行うことが可能となる。また、電力低下等でアクチュ エータの補助が不可能であると判断した場合の安全機構 としても有用性が高いと考えられクラッチの採用を検討 した。このクラッチ機構は薄型化を優先したことから噛 合い方式を採用した。図10にクラッチの作動原理を示す。 クラッチ作動は電磁石による電気的切替えと作助ピンを 使用した手動切替えが可能で遊風歯車2段目のギアキャ リアと3段目の太陽歯車の断接をすることによりギアの 動力伝達および遮断をしている。電磁コイルはロータ軸 中心に埋め込み通電はブラシ接点にて行った。クラッチ プランジャに永久磁石を取り付け、ロータ軸を磁極鉄心 として使用。通電方向によって極性を変化させ吸着=接 合(図 10 左側)、反発=切断(図 10 右側)どした。また、 クラッチ作動後は磁力により吸着することからプランジ ャ位置が固定され作動時のみの通電で省電力化が図れた。

3. アシスト制御

アシストトルクを決定するうえで関節に発生するモーメ ントを推定演算し運動状態からアシスト比を算出しアクチ ュエータを制御している。D&D2001 の報告は、前方向と 鉛直方向を含む矢状面内で床反力作用点(center of pressure; COP) を足関節に固定し身身体重心 (center of gravity ; COG) に向かって床反力 (floor reaction force ; FRF) が発生すると仮定し、動作計測と逆動力学演算を行う二次 元モデルであった。本モデル構造の課題として床反力 (FRF) 推定値が計測値に対して誤差があることと人間の 三次元的な助作に対応していないという問題点があった。 ①本研究では関節モーメント推定演算精度を向上させるた めに床反力作用点(COP)推定式の見直しと装具の多自由度 化に伴い多様な動作に対応した三次元制御理論の構築を目 榞とした。図 11 の計算フローチャートに示すように関節 モーメジト推定は身体モデルの初期数値入力、センサ計測、 発生力推定演算、各節の分担力演算に分けることができる。 発生力は動作計算、床反力(FRF)推定および床反力作用 点 (COP) 推定演算に分けられる。図中網掛け部は三次元

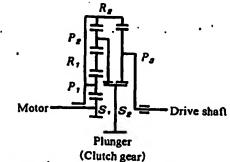
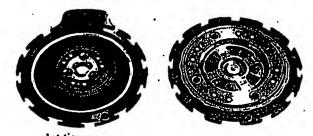
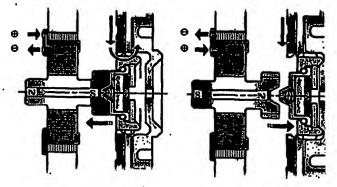


Fig.8 Layout of Reduction



. 1 st tier gear 2nd/3rd tier gear Fig.9 Reduction gear



State of Clutch ON

State of Clutch OFF

Fig. 10 Structure of Clutch

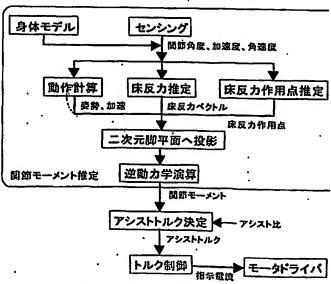


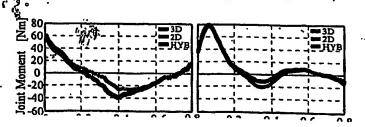
Fig. 11 Flowchart of Assist system

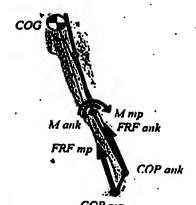
3 · 1 床反力作用点推定

D&D2001 の報告では床反力進行方向成分において計測 値との誤差が発生しており、床反力作用点 (COP) を前述 の様に足関節に固定したモデルにて演算を行っていたこと が原因であると報告を行った。(1) 図 12 は床反力 (FRF)、 床反力作用点(COP)、身体重心(COG)の関係を示す。 足関節に床反力作用点(COP ank)を置いた場合、床反力 ペクトルは膝関節の後方に位置し屈曲モーメント (M ank) として推定される。計測値では伸展モーメントの値 が発生しておりモーメント方向が逆転していることが分か った。対策として演算モデルに中足措関節(Metatarso phalangeal joint; MP) を設置した。赤矢印は MP 関節に床 反力作用点(COP mp)を置いた場合の床反力ベクトルが 伸展モーメント(M mp)を示す概念図である。また、更 なる精度向上を目指し図 13 に示すように身体重心 (COG) と足部の位置関係から床反力作用点 (COP) 位置を変化さ せることでモーメント方向の誤判別、数値誤差の低減が図 れた。身体重心 (COG) が足関節より後方にある場合は 足関節の再下(図 13 左図)、足関節(anik)と中足指節関 節(mp)との間にある場合は身体**重心 (COG) の**真下 (図 13 中央)、身体重心(COG)が中足指節関節より前方にある 場合は中足指節関節の真下(図 13 右図)より床反力作用 点 (COP) があるものとした。

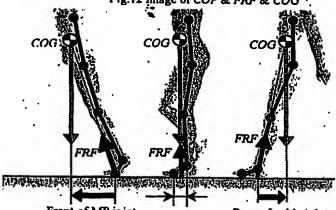
3・2 三次元ハイブリッド制御モデル

関節モーメント推定演算を行ううえで三次元化による 計測項目の増加から逆動力学演算の過程で演算誤差を拡大 させる懸念がある。そこで三次元計測または推定された加 速度や床反力ペクトルを二次元平面(股・膝・足関節を通・ る脚平面)へ投影し演算するハイブリット型(以下 HYB と配す)の制御モデルを考案した。図 14 に三次元 HYB モデルの演算概念図を示す。身体モデルは、胸部、腹部、 腰部、大腿部、下腿部、足部の9リンクモデルとし頭部、 頚部、上肢は胸部に統合した。リンク自由度は、腰部一股 関節を 3 軸、下肢を水平軸回りの 2 軸とした。図 15 に前 項で述べた COP と各制御モデルの定常歩行 4.5km/h 時に おける1周期の股・膝関節モーメントの計算結果比較を示 す。正数を伸展方向、負数を屈曲方向のゼーメントとした。 各モデルの演算結果は二次元を緑線、三次元を靑線、HYB を赤線で示す。各節の位置データは三次元動作解析装置、 作用力は床反力計にて測定されたものを使用した。股・膝 関節とも三次元および HYB モデルは差がなく安定した演 算結果が得られたが、二次元モデルは遊脚期に顕著に差が 出でいる。これは遊脚期に行われる下肢の三次元軌道に対 して二次元変換する際の演算誤差が生じたものである。次 に装具の股関節角度センサと人間とのずれ (誤差) に対す る許容性の検証を図 16 にて行った。定常歩行時の股関節 角度センサに故意に外旋および外転角度を入力した場合の 平均誤差と標準偏差値を示す。三次元の股関節を紺線、膝 関節を資線、HYB の股関節を赤線、膝関節を桃線にて示





COP mp
Fig. 12 Image of COP & FRF & COG



Front of MP joint Between of joints

Fig.13 Conceptual diagram of COP & FRF & COG

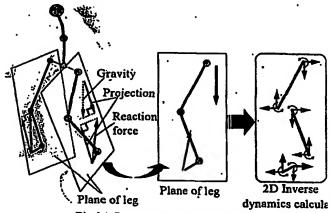
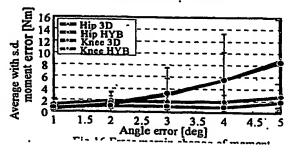


Fig.14 Conceptual of 2&3dimensional hybrid type operation models



三次元および HYB モデルとも入力誤整2° までは同等な 数値が得られたがそれを超えると三次元モデルの場合、誤 発量が拡大するが HYB は安定した数値を示した。これは 各節三次元逆動力学演算による誤差拡大が原因であり HYB モデルは人間の関節軸機構から考えてもアシスト・ ロボットに適した制御モデルであることが確認された。

4. アシスト効果の定量的検証手法

人間に対するアシスト効果を検証する方法として、従 来行っていた主観的評価だけでは装着者によって評価基準 が異なり、客観的に装具の評価をすることが困難であった。 また個人の中でも同じアシスト舞であるにも関わらず、体 胸や環境をはじめ直前のアシスト内容によっても感じ方が 異なるという問題があった。そこで定量的評価手法として、 ・呼吸代谢測定(全身の評価)と表面筋電位計測(局所的な評 価)を導入した。人間は運動強度に応じて酸素を体内に取 り込み、エネルギ源であるアデノシン三リン酸(ATP)を 再合成する。ATP を再合成する際に発生する二酸化炭素 や水は、呼気や汗となって体外へ放出される。よって人間 の呼吸代謝を計測すれば、消費エネルギを計測できる。(2) 呼吸代谢測定には COSMED 社の K4b2 を使用した。また 表面筋電位は、その発生量が発揮した筋張力と相関がある と替われている。(3) 今回、大腿四頭筋の表面筋電位を計 測し、その絶対値を積分した。 適切にアシストできれば運 動に要する消費エネルギや筋肉の負担が軽減し、両指標は 低下するものと思われる。実際に階段を上ったとき (60step/min)の測定結果を図 17、図 18 に示す。図 17 は呼 吸代謝測定の結果であり、機軸は装具の装着条件、縦軸は 消費エネルギ[kcal/min]である。また図 18 は表面筋**電**位の 結果であり、機軸は装具の装着条件、縦軸は筋電積分値 (IEMG) [mV·s]である。アシスト ON の場合、アシスト OFF の場合に比べ消費エネルギと IEMG が低下している ことがわかる。しかし装具を装着しない場合に比べると、 負担となってしまっている。 これはアシストの効果が装具 **重量の影響を補償しきれなかったためと思われる。今後は** 客観的定量評価と主観的評価を用いたアシスト効果検証を 基本とし、評価基準の策定を進めて行く必要があると考え られる。

5. まとめ

人にやさしいヒューマンフィッティング・ロボットを実現する手法として以下の結論を得ることができた。

- ·(1) 人間の歩行アシストを研究するための有用な実験機の基本仕様(機构、制御、評価手法)を確立した。
- (2) 関節軸と装具軸のオフセットを吸収する装具機構の採用により外骨格装具の課題を解決した。
- (3) 薄型軽量アクチュエータの専用設計を行うことで 効率的にアシストトルクを与えることができる実験 用装具を製作できた。
- (4) 床反力作用点位置の新推定式導入と三次元ハイブリッド制御モデルの採用によってアシスト・ロボット に適した制御モデルが構築できた。
- (5) アシストが果の定量的検証として呼吸代謝測定、表面筋電位計測は有用な手法である。今後、主観的評価法と組み合わせた新たな評価基準の策定を進めて行く必要がある。

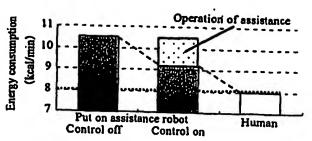


Fig. 17 Operation of assistance for energy consumption

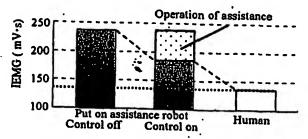


Fig. 18 Operation of assistance for IEMG

6. おわりに

謝 辞

本研究を行うにあたり、歩行分析評価およびリハビリエ学のご指導とご商配を賜わりました社会福祉法人 神奈川県総合リハビリテーションセンター リハエ学研究室に厚くお礼申し上げます。また、老人医学および老人運動機能に関してご 超篤なご指導を戴いた財団法人 東京都老人総合研究所 免疫・福祉・政策研究 Gr に心から御礼申し上げます。 更に入間工学を基本としたフィッティング技術の共同研究にご授同戯いた株式会社 ワコール人間科学研究所に深く御礼申し上げます。

文. 献

- (1) 加藤 久, 平田 崇, 歩行機能補助装置の研究, D&D2001 福祉工学シンポジウム(2001),W418
- (2) 中澤公孝:表面筋電図の処理,スポーツバイオメカニ クス(2000),115-119
- (3) J.M.Brockway: Derivation of formulae used to calculate energy expenditure in man, Human Nutrition, Clinical Nutrition(1987)41C, 463-471.

ARTIFACT SHEET

Enter artifact number below. Artifact number is application number + artifact type code (see list below) + sequential letter (A, B, C ...). The first artifact folder for an artifact type receives the letter A, the second B, etc.. Examples: 59123456PA, 59123456PB, 59123456ZA, 59123456ZB

60486543

Indicate individ	e quantity of a single type of artifact received but not scanned. Create ual artifact folder/box and artifact number for each Artifact Type.
	CD(s) containing computer program listing Doc Code: Computer Artifact Type Code: P
	Stapled Set(s) of Extra Color Drawings/Photographs Doc Code: Artifact Type Code: C
	CD(s) containing pages of specification and/or sequence listing Artifact Type Code: S
	CD(s) with content unspecified Doc Code: Artifact Type Code: U
	Microfilm(s) Doc Code: Artifact Type Code: F
	Video tape(s) . Doc Code: Artifact
	Model(s) Doc Code: Artifact Type Code: M
	Bound Document(s) Doc Code: Artifact
	Other, description: Doc Code: Artifact Type Code: Z

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

□ BLACK BORDERS
□ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
□ FADED TEXT OR DRAWING
□ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
□ SKEWED/SLANTED IMAGES
□ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
□ GRAY SCALE DOCUMENTS
□ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
□ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

OTHER:

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.